

Beschreibung

Vormischbrenner sowie Verfahren zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases

5

Die Erfindung betrifft einen Vormischbrenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases, insbesondere eines Synthesegases. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases.

10

Ein Brenner für gasförmige Brennstoffe, wie er insbesondere in einer Gasturbinenanlage eingesetzt wird, ist beispielsweise aus der DE 42 12 810 A1 bekannt. Hieraus geht hervor, dass Verbrennungsluft durch ein Luft-Ringkanalsystem und Brennstoff durch ein weiteres Ringkanalsystem der Verbrennung zugeführt werden. Dabei wird ein hochkalorischer Brennstoff (Erdgas oder Heizöl) aus dem Brennstoffkanal in den Luftkanal eingedüst, entweder direkt oder aus als Hohl-schaufeln ausgebildeten Drallschaufeln.

20

Damit soll u.a. eine möglichst homogene Mischung von Brennstoff und Luft erreicht werden, um eine stickoxidarme Verbrennung zu erzielen. Eine möglichst geringe Stickoxidproduktion ist aus Gründen des Umweltschutzes und entsprechenden gesetzlichen Richtlinien für Schadstoffemissionen eine wesentliche Anforderung an die Verbrennung, insbesondere an die Verbrennung in der Gasturbinenanlage eines Kraftwerks. Die Bildung von Stickoxiden erhöht sich exponentiell mit der Flammentemperatur der Verbrennung. Bei einer inhomogenen Mischung von Brennstoff und Luft ergibt sich eine bestimmte Verteilung der Flammentemperaturen im Verbrennungsbereich. Die Maximaltemperaturen einer solchen Verteilung bestimmen nach dem genannten exponentiellen Zusammenhang von Stickoxidbildung und Flammentemperatur maßgeblich die Menge der gebildeten Stickoxide. Die Verbrennung eines homogenen Brennstoff-Luft-Gemischs erzielt demnach bei gleicher mittlerer Flammentemperatur einen niedrigeren Stickoxidausstoß als die

30

35

Verbrennung eines inhomogenen Gemisches. Bei der Brennerausführung in der oben zitierten Druckschrift wird eine räumlich gute Mischung von Luft und Brennstoff erzielt.

- 5 Verglichen mit den klassischen Gasturbinenbrennstoffen Erdgas und Erdöl, die im Wesentlichen aus Kohlenwasserstoffverbindungen bestehen, sind die brennbaren Bestandteile von Synthesegas im Wesentlichen Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Zum wahlweisen Betrieb einer Gasturbine mit Synthesegas aus einer
- 10 Vergasungseinrichtung und einem Zweit- oder Ersatzbrennstoff muss der Brenner in der der Gasturbine zugeordneten Brennkammer dann als Zwei- oder Mehrbrennstoffbrenner ausgelegt sein, der sowohl mit dem Synthesegas als auch mit dem Zweitbrennstoff, z.B. Erdgas oder Heizöl je nach Bedarf beaufschlagt
- 15 werden kann. Der jeweilige Brennstoff wird hierbei über eine Brennstoffpassage im Brenner der Verbrennungszone zugeführt.

- Abhängig vom Vergasungsverfahren und Gesamtanlagenkonzept ist der Heizwert des Synthesegases etwa fünf- bis zehnmal kleiner
- 20 verglichen mit dem Heizwert von Erdgas. Hauptbestandteil neben CO und H₂ sind inerte Anteile wie Stickstoff und/oder Wasserdampf und gegebenenfalls noch Kohlendioxid. Bedingt durch den kleinen Heizwert müssen demzufolge hohe Volumenströme an Brenngas durch den Brenner der Brennkammer zuge-
- 25 führt werden. Dies hat zur Folge, dass für die Verbrennung von niederkalorischen Brennstoffen - wie z.B. Synthesegas eine oder mehrere gesonderte Brennstoffpassagen zur Verfügung gestellt werden müssen. Ein derartiger Mehrpassagenbrenner, der auch für den Synthesegasbetrieb geeignet ist, ist beispielsweise
- 30 in der EP 1 227 920 A1 offenbart.

- Neben der stöchiometrischen Verbrennungstemperatur des Synthesegases ist besonders die Mischungsgüte zwischen Synthesegas und Luft an der Flammenfront eine wesentliche Einfluss-
- 35 grösse zur Vermeidung von Temperaturspitzen und somit zur Minimierung der thermischen Stickoxidbildung.

Im Hinblick auf zunehmend strengere Anforderungen an den Ausstoß von Stickoxiden gewinnt die Vormischverbrennung auch bei der Verbrennung von niederkalorischen Gasen zunehmend an Bedeutung.

5

Aufgabe der Erfindung ist es daher einen Vormischbrenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases.

10

Die erstgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Vormischbrenner zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases, mit einem sich entlang einer Brennerachse erstreckenden Vormisch-Luftkanal über den Verbrennungsluft zuführbar ist, und mit einer in dem Vormisch-Luftkanal angeordneten Dralleinrichtung, wobei in Strömungsrichtung der Verbrennungsluft stromab der Dralleinrichtung eine Eindüseeinrichtung für das niederkalorische Brenngas angeordnet ist.

20

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass zur Sicherstellung eines schadstoffarmen Betriebs die Mischung von Brennstoff und Verbrennungsluft von besonderer Bedeutung ist. Temperaturspitzen können nur durch eine möglichst homogene Mischung vermieden werden. Da bei niederkalorischen Brenngasen hohe Volumenströme an Brenngas involviert sind, die mit Verbrennungsluft zu mischen sind, stellte hier die Lösung der Mischaufgabe die Fachwelt vor besondere Herausforderungen an die konstruktive Auslegung derartiger Brenner.

30

Mit dem Synthesegas-Vormischbrenner der Erfindung wird erstmals ein Brennerkonzept vorgeschlagen, welches die Schadstoffausstoß bezogenen Vorteile des Vormischbetriebs auch für niederkalorische Synthesegase als Brennstoff anwendbar macht. Durch die Eindüseeinrichtung stromab der Dralleinrichtung erfolgt die Eindüsung von unverdünnten bzw. teilverdünnten niederkalorischen Brenngas in den bereits verdrallten Massen-

35

strom. Im räumlichen Bereich stromab der Drallvorrichtung erfolgt dadurch eine weitgehend homogene Vermischung des Synthesegases und dem verdrallten Luftmassenstromes. Die Verbrennung des vorgemischten Brenngas-Luftgemisches erfolgt stromab des Brenners bei einer der vorgemischten Luftzahl entsprechenden Temperatur. Zur Stabilisierung der niederkalorischen Vormischflamme kann - speziell im Teillastbereich - ein kleiner Teilmassenstrom des niederkalorischen Brenngases zuvor abgetrennt und im Brennraum über eine im Diffusionsbetrieb betriebene Stützflamme zugeführt werden, z.B. etwa 5% bis 20% des Gesamtvolumenstroms an Brenngas..

Durch diese Konstruktion mit der Eindüseeinrichtung stromab der Dralleinrichtung sind ausreichend große Volumenströme von niederkalorischen Brenngas mit der Verbrennungsluft mischbar, wobei außerordentlich gute Mischungsergebnisse erzielbar sind. Dies wirkt sich besonders vorteilhaft auf die Schadstoffbilanz des Vormischbrenners aus.

Weiterhin von Vorteil ist, dass das bewährte Vormischverbrennungskonzept für hochkalorische Brennstoffe wie Erdgas oder Öl unverändert übernommen werden kann, womit eventuelle langwierige Optimierungen und/oder konstruktive Änderungen nicht notwendig sind. D.h., es ist möglich ein herkömmliches Verbrennungssystem, das auf hochkalorische Brennstoffe ausgelegt ist, mittels der an den Luftkanal strömungstechnisch angekoppelten Eindüseeinrichtung durch eine zusätzliche Brennstoffpassage für niederkalorische Brenngase zu erweitern, und zwar ohne dass die konstruktive Umsetzung einen nachteiligen Einfluss auf das bestehende konventionelle Verbrennungssystem hätte, z.B. hinsichtlich auftretender Druckverluste.

Somit kann der Vormischbrenner sowohl mit dem Synthesegas, das beispielsweise aus Kohle, industriellen Rückständen oder Abfall erzeugt wird, als auch mit einem Zweitbrennstoff, wie z.B. Erdgas oder Öl, betrieben werden. Bei einem Synthesegas-Vormischbetrieb wird lediglich über die Eindüseeinrichtung

- stromab der Dralleinrichtung der niederkalorische Brennstoff in den Vormisch-Luftkanal eingedüst, wobei in Folge der drallbehafteten Verbrennungsluft eine besonders homogene Mischung sichergestellt ist. Durch dieses Konzept sind auch
- 5 konstruktive Maßnahmen, die mit zusätzlichen Einbauten einhergehen, vermieden, so dass insbesondere der verdralte Luftmassenstrom durch eventuelle Einbauten nicht beeinträchtigt wird.
- 10 Durch den Vormischbrenner erfolgt die Verbrennung entsprechend der eingestellten Luftzahl bei deutlich niedrigeren Temperaturen, was letztendlich zu einer Minimierung der thermischen Stickoxidbildung bei der Verbrennung des niederkalorischen Brenngases führt.
- 15 In besonders vorteilhafter Ausgestaltung weist die Eindüseinrichtung eine Vielzahl von Einlassöffnungen für Brenngas auf, die in den Vormisch-Luftkanal einmünden.
- 20 In bevorzugter Ausgestaltung sind die Einlassöffnungen für das niederkalorische Brenngas so ausgeformt, dass die Ausbildung von Nachlaufgebieten im Vormisch-Luftkanal verhindert ist. Beim Einströmen eines Gases mit sehr hoher Geschwindigkeit, wie es der Fall nach einer Eindüseinrichtung ist, kann
- 25 hinter den Einlassöffnungen ein Nachlaufgebiet mit deutlich erhöhter Turbulenz entstehen. Das turbulente Nachlaufgebiet kann dazu führen, dass sich Rückströmungen und Rezirkulationen bilden, die ihrerseits einen Flammenrückschlag nach sich ziehen können. Weiterhin kann der instationäre Charakter des
- 30 Nachlaufs eine Strömungsablösung hervorrufen. Um einen sicheren Vormischbetrieb zu gewährleisten, sollte die Form der Einlassöffnungen so gewählt werden, dass diese negativen Effekte verhindert sind.
- 35 In besonders vorteilhafter Ausgestaltung weisen die Einlassöffnungen für das Brenngas einen Querschnitt auf, wobei der Querschnitt eine Längsausdehnung und eine Querausdehnung auf-

weist, und wobei die Längsausdehnung größer ist als die Querausdehnung. Eine nahezu kreisförmige Öffnung ist im Prinzip auch möglich. Es hat sich jedoch gezeigt, dass z.B. durch eine elliptische Formgebung der Eindüseöffnungen dem Problem von Nachlaufgebieten besonders wirkungsvoll begegnet werden kann. Somit ist ein sicherer Betrieb des Vormischbrenners gewährleistet.

Vorzugsweise beträgt die Längsausdehnung das 3-fache bis 10-fache der Querausdehnung. Wenn die Längsausdehnung weniger als das 3-fache der Querausdehnung beträgt, nähert sich die Ausgestaltung einer kreisrunden Einlassöffnung und das könnte die Bildung eines Nachlaufgebiets begünstigen. Andererseits ist eine Längsausdehnung, die mehr als das 10-fache der Querausdehnung beträgt, nicht zwingend notwendig und aus räumlichen Gründen zu vermeiden.

Bevorzugtermassen weist der Querschnitt der Einlassöffnungen die Form eines Langloches, oder eines Rechtecks mit abgerundeten Ecken oder eines Tropfens auf. Diese Formen, bei denen eine Seite länger als die Querseite geformt werden kann, haben sich als besonders geeignet für einen einwandfreien Betrieb des Vormischbrenners erwiesen. Weiterhin von Vorteil ist, wenn beim Querschnitt der Einlassöffnung keine scharfe Kanten gebildet sind. In den Bereichen wo der Winkel kleiner als 90° ist entstehen häufig Totzonen in der Strömung. Diese Kanten werden vorzugsweise durch Rundungen ausgestaltet (Fasse).

Besonders bevorzugte Ausgestaltung ist, dass die durch die Längsausdehnung festgelegte Längsachse im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung der Verbrennungsluft ist. In diesem Fall liegt die Einlassöffnung mit ihrer schmaleren Seite senkrecht zum verdrallten Luftmassenstrom und dadurch wird der Widerstand, den das niederkalorische Brenngas auf dem Weg der Verbrennungsluft erzeugt, deutlich reduziert. Das ausströmende Brenngas stellt weiterhin kein wesentliches Hindernis dar.

- auf das die Verbrennungsluft aufprallt, sondern die Verbrennungsluft und das Brenngas vermischen sich nur schrittweise und innig über der Längsausdehnung der Einlassöffnung. Infolgedessen entstehen keine Verwirbelungen in der Grenzschicht
- 5 zwischen der Verbrennungsluft und dem niederkalorischen Brenngas und somit wird eine Nachlaufbildung verhindert. Weiterhin wird eine besonders gute und homogene Vermischung von Verbrennungsluft und Brenngas erreicht.
- 10 In bevorzugter Ausgestaltung weist die Strömungsrichtung der Verbrennungsluft einen Winkel gegenüber der Brennerachse auf, wobei dieser Winkel zwischen 0° und 90° ist.
- Vorzugsweise weist die Eindüseeinrichtung einen Gasverteilungsring auf, der den Vormisch-Luftkanal radial auswärts umgibt. Der Vormisch-Luftkanal ist dabei bevorzugt als Ringkanal ausgebildet, der eine äußere Kanalwand aufweist, die mit einer Vielzahl von Einlassöffnungen, z.B. Bohrungen durch-
- 15 setzt ist, die mit dem Gasverteilungsring in Strömungsverbindung stehen. Hierdurch wird es erreicht, dass über den vollen Umfang des Ringkanals eine Eindüsung von niederkalorischen Brenngas in die verdrahlte Verbrennungsluft gewährleistet ist. Je nach Anforderungen an den Volumenstrom von niederkalorischen Brenngas ist der Durchmesser der Bohrung, deren Anzahl und deren Verteilung an der äußeren Kanalwand entsprechend auszulegen. Durch entsprechende konstruktive Auslegung
- 20 der Eindüseeinrichtung wird erreicht, dass ein hinreichend großer Brenngas-Volumenstrom eingedüst und damit ein stabiler Synthesegas-Vormischbetrieb sichergestellt ist.
- 30 In bevorzugter Ausgestaltung verjüngt sich die äußere Kanalwand konusartig in Strömungsrichtung der Verbrennungsluft. Bedingt durch die Eindüsung des niederkalorischen Brenngases durch den in den äußeren Konus eingebrachten Einlassöffnungen
- 35 kann auf jegliche die Luftströmung negativ beeinflussende zusätzliche Einbauten für die Eindüseeinrichtung verzichtet werden, so dass der Betrieb auch mit konventionellen Brenn-

stoffen (Erdgas oder Heizöl) ohne Einschränkung bei Bedarf weiterhin möglich ist.

- Besonders bevorzugte Ausgestaltung ist der Vormischbrenner in
5 einer Brennkammer, beispielsweise in einer Ringbrennkammer,
eingesetzt. Eine derartige Brennkammer ist vorteilhafter Wei-
se als Brennkammer einer Gasturbine ausgestaltet, beispiels-
weise als eine Ringbrennkammer einer stationären Gasturbine.
- 10 Die auf das Verfahren gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß
gelöst durch ein Verfahren zur Verbrennung eines niederkalo-
rischen Brenngases, bei dem Verbrennungsluft ein Drall aufge-
prägt, niederkalorisches Brenngas in die verdrallte Verbren-
nungsluft eingedüst und mit dieser vermischt, und das Gemisch
15 verbrannt wird.

- Mit diesem Verfahren ist ein besonders homogenes Verbren-
nungsgemisch erreichbar, wobei hohe Volumenströme an nieder-
kalorischem Brenngas mit der Verbrennungsluft mischbar sind.
20 Hierbei wird vorteilhafter Weise unverdünnte oder teilver-
dünntes niederkalorisches Brenngas in die verdrallte Verbren-
nungsluft eingedüst.

- 25 Bevorzugtermassen wird bei diesem Verfahren das niederkalori-
sche Brenngas so eingedüst, dass die Ausbildung von Nachlauf-
gebieten im Vormisch-Luftkanal verhindert ist.

- Das Verfahren wirkt besonders effektiv gegen die Ausblindung
30 von Nachlaufgebieten im Vormisch-Luftkanal, wenn vorzugsweise
das niederkalorische Brenngas durch Einlassöffnungen einge-
düst wird und diese Einlassöffnungen einen Querschnitt auf-
weisen, wobei der Querschnitt eine Längsausdehnung und Quer-
ausdehnung aufweist, und wobei die Längsausdehnung größer ist
35 als die Querausdehnung.

Bevorzugtermassen ist bei diesem Verfahren durch das Längsausdehnung festgelegte Längsachse im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung der Verbrennungsluft, so dass das niederkalorische Brenngas parallel zur Strömungsrichtung der
5 Verbrennungsluft eingedüst wird.

Als niederkalorisches Brenngas kommt ein vergaster fossiler Brennstoff, insbesondere vergaste Kohle, besonders vorteilhaft zum Einsatz. Das Verfahren wird vorzugsweise beim Betrieb eines Gasturbinenbrenners durchgeführt, wobei ein Synthesegas, das einen niederkalorischen Brennstoff darstellt, im Vormischbetrieb verbrannt wird.
10

In der Zeichnung sind zur näheren Erläuterung einige Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Sie zeigt:
15

FIG 1 ein Längsschnitt durch einen Vormischbrenner gemäß der Erfindung.

FIG 2 eine mögliche Auslegung der in FIG 1 gezeigten Einlassöffnungen
20

FIG 3 eine schematische Draufsicht auf eine verbesserten Ausführungsform der Einlassöffnungen

FIG 4 ein Längsschnitt einer in FIG 3 gezeigten Einlassöffnung
25

FIG 5 eine Draufsicht auf ein Langloch

FIG 6 eine Draufsicht auf ein Rechteck mit abgerundeten Kanten

FIG 7 eine Draufsicht auf ein Tropfen

FIG 1 zeigt einen Vormischbrenner 1, der in etwa rotations-symmetrisch bezüglich einer Brennerachse 12 ist. Ein entlang der Brennerachse 12 gerichteter Pilotbrenner 9 mit einem Brennstoff-Zufuhrkanal 8 und einem diesen konzentrisch umschließenden Luftzufuhr-Ringkanal 7 ist konzentrisch umgeben
30 von einem Brennstoff-Ringkanal 3. Dieser Brennstoff-Ringkanal 3 ist teilweise konzentrisch umschlossen von einem Vormisch-Luftkanal 2. Der Vormisch-Luftkanal 2 ist als Ringkanal 14
35

ausgebildet, der eine äußere Kanalwand 15 aufweist. In diesem Vormisch-Luftkanal 2 ist ein - schematisch dargestellter - Kranz von Drallschaufeln 5 eingebaut, der eine Dralleinrichtung bildet. Mindestens eine dieser Drallschaufeln 5 ist als
5 Hohl-schau-fel 5a ausgebildet. Sie weist einen durch mehrere kleine Öffnungen gebildeten Einlass 6 für eine Brennstoffzuführung auf. Die Hohl-schau-fel 5a ist dabei für die Zufuhr von hochkalorischen Brennstoff 11, z.B. Erdgas oder Heizöl, ausgelegt. Der Brennstoff-Ringkanal 3 mündet in diese Hohl-schau-fel 5a.
10

Der Vormischbrenner 1 kann über den Pilotbrenner 9 als Diffusionsbrenner betrieben werden. Üblicherweise wird er aber als Vormischbrenner eingesetzt, d.h., Brennstoff und Luft werden
15 zuerst gemischt und dann der Verbrennung zugeführt. Dabei dient der Pilotbrenner 9 zur Aufrechterhaltung einer Pilotflamme, die die Verbrennung während des Vormischbrennerbetriebes bei einem eventuell wechselnden Brennstoff-Luftverhältnis stabilisiert.
20

Bei der Verbrennung von hochkalorischem Brennstoff 11, d.h. z.B. Erdgas oder Heizöl, werden Verbrennungsluft 10 und der hochkalorische Brennstoff 11 im Vormisch-Luftkanal 2 gemischt und anschließend der Verbrennung zugeführt. Im gezeigten Aus-führungsbeispiel wird dabei der hochkalorische Brennstoff 11
25 aus dem Brennstoff-Ringkanal 3 in eine Hohl-schau-fel 5a des Drallschau-felkranzes 5 geleitet und von dort über den Einlass 6 in die Verbrennungsluft 10 im Vormisch-Luftkanal 2 einge-leitet.
30

Bei dem Vormischbrenner 1 der Erfindung ist darüber hinaus wahlweise auch die Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases SG, beispielsweise eines Synthesegases aus einem Kohlevergasungsprozess, möglich. Hierzu ist in Strömungsrichtung
35 der Verbrennungsluft 10 stromab von der Dralleinrichtung 5 eine Eindüseeinrichtung 13 für das niederkalorische Brenngas SG vorgesehen. Die Eindüseeinrichtung 13 umfasst eine Viel-

zahl von Einlassöffnungen 16 für das Brenngas SG. Die Einlassöffnungen 16 münden in den Vormisch-Luftkanal 2. Die Eindüseeinrichtung 13 weist einen Gasverteilungsring 17 auf, der den Vormisch-Luftkanal 2 radial auswärts umgibt. Somit wird erreicht, dass niederkalorisches Brenngas SG vollumfänglich in den als Ringkanal 14 ausgebildeten Vormisch-Luftkanal 2 stromab der Dralleinrichtung 5 in den verteilten Verbrennungsluftstrom 10 eindüsbar ist. Die äußere Kanalwand 15 des Ringkanals 14 ist hierbei mit einer Vielzahl von Einlassöffnungen 16, z.B. Bohrungen durchsetzt, die mit dem Gasverteilungsring 17 in Strömungsverbindung stehen. Auf diese Weise ist durch den Gasverteilungsring 17 auch eine Verteilerfunktion gewährleistet, so dass niederkalorisches Brenngas SG mit dem erforderlichen Druck und Volumenstrom bereitgestellt und durch die Vielzahl von Einlassöffnungen 16 in der äußeren Kanalwand 15 der verdrallten Verbrennungsluft 10 zugemischt werden kann. Vorteilhafter Weise ist hierdurch eine besonders homogene und gleichmäßige Vermischung von Verbrennungsluft 10 mit den niederkalorischen Brenngas SG erreicht. Durch entsprechende konstruktive Auslegung und strömungstechnische Dimensionierung wird erreicht, dass mittels der Eindüseeinrichtung 13, respektive dem Gasverteilungsring 17, ein hinreichend großer Volumenstrom an Brenngas SG zuführbar ist für den Synthesegas-Vormischbetrieb. In alternativer Ausgestaltung oder als Zusatzoption zum radial auswärts angeordneten Gasverteilungsring 17 - hier in FIG 1 nicht näher dargestellt, kann der Gasverteilungsring 17 auch radial einwärts den Vormisch-Luftkanal 2 begrenzen, so dass Synthesegas SG eindüsbar ist. In Strömungsrichtung der Verbrennungsluft 10 verjüngt sich die äußere Kanalwand 15. Der Vormischbrenner 1 zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases SG ist in einer Brennkammer einer Gasturbine, beispielsweise einer Ringbrennkammer einer stationären Gasturbine einsetzbar.

Mit dem Vormischbrenner 1 der Erfindung ist ein wahlweiser Betrieb mit einem Synthesegas aus einer Vergasungseinrichtung oder einem Zweit- oder Ersatzbrennstoff möglich, da der Vor-

mischbrenner 1 als Zwei- oder Mehrbrennstoffbrenner ausgelegt ist, der sowohl mit niederkalorischen Brenngas SG als auch mit hochkalorischen Brennstoff 11, z.B. Erdgas oder Heizöl, beaufschlagt werden kann.

5

Bei einem Betrieb des Vormischbrenners 1 mit niederkalorischen Brenngas SG wird der Verbrennungsluft 10 ein Drall aufgeprägt und das niederkalorische Brenngas SG in die verdrallte Verbrennungsluft 10 eingedüst und mit dieser vermischt.

- 10 Dieses Gemisch wird anschließend verbrannt. Dabei kann auch teilverdünntes niederkalorisches Brenngas SG in die verdrallte Verbrennungsluft 10 eingedüst werden. Als niederkalorisches Brenngas SG kommt vorteilhafter Weise ein vergaster fossiler Brennstoff, insbesondere vergaste Kohle aus einer
- 15 Vergasungseinrichtung, zum Einsatz. Mit dem Vormischbrenner 1 ist besonders vorteilhaft ein Synthesegasbetrieb bei einer Gasturbine durchführbar.

- Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Vormischbrenners 1 und des beschriebenen Verfahrens zur Verbrennung eines
- 20 niederkalorischen Brennstoffs SG besteht darin, dass das bewährte Vormisch-Verbrennungskonzept für Erdgas und Öl (hochkalorische Brennstoffe) unverändert übernommen werden kann. Vorteilhafter Weise sind dabei eventuelle langwierige konstruktive Brenneroptimierungen und/oder konstruktive Änderungen nicht erforderlich. Der Vormischbrenner 1 wird lediglich
- 25 durch eine zusätzliche Brennstoffpassage für niederkalorische Brenngase SG erweitert, ohne dass die konstruktive Umsetzung einen nennenswerten Einfluss auf den herkömmlichen Betrieb des Verbrennungssystems mit hochkalorischen Brennstoffen hat.
- 30 Die vorgeschlagene Konstruktion ermöglicht besonders günstige Mischungseigenschaften des niederkalorischen Brenngases SG mit der Verbrennungsluft 10, wobei ein hinreichend großer Durchsatz (Volumenstrom) an Synthesegas SG der Verbrennungs-
- 35 prozess zugeführt werden kann.

FIG 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf die Einlassöffnungen 16. FIG 2 zeigt dabei im Detail eine Möglichkeit die in FIG 1 gezeigten Einlassöffnungen 16 konstruktiv auszugestalten. Die Einlassöffnungen 16 in diesem Ausführungsbeispiel weisen Bohrungen 16a mit einem kreisrunden Querschnitt 18 in der äußeren Kanalwand 15 auf, die in den Vormisch-Luftkanal 2 münden. Das niederkalorische Brenngas SG wird in den Vormisch-Luftkanal 2 eingedüst und dort unter dem Einfluss des starken Luftmassenstroms 10 ändert es seine Richtung und wird von der Luft, mit der es intensiv vermischt wird, abtransportiert um am Verbrennungsprozess teilzunehmen. Aufgrund der kreisrunden Form des Querschnittes 18 beim Ausströmen des niederkalorischen Brenngases SG aus den Bohrungen 16a bilden sich stromabwärts Nachlaufgebiete 19. Infolge der starken Turbulenz in den Nachlaufgebieten 19 entstehen Rückströmungen 20, die entgegen der Strömungsrichtung 21 der Verbrennungsluft 10 verlaufen und damit die Gefahr von Flammenrückschlägen deutlich erhöhen. Die kreisförmigen Einlassöffnungen 16a sind daher noch verbesserungswürdig.

FIG 3 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine verbesserte Ausführungsform der Einlassöffnungen 16. Statt Bohrungen 16a mit kreisrundem Querschnitt 18, sind die Einlassöffnungen 16 nun als Langlöcher 16b ausgestaltet. Diese Bauweise verhindert die Entwicklung von Nachlaufgebieten 19 innerhalb des Vormischbrenners 1 und zugleich wird eine hinreichende Eindringtiefe des niederkalorischen Brenngases SG ermöglicht. Die Langlöcher 16b weisen eine Längsausdehnung L_1 und eine Querausdehnung L_2 auf (siehe Diskussionen zu FIG 5 bis FIG 7). Die Längsausdehnung L_1 beträgt in der Regel etwa das 3-fache bis 10-fache der Querausdehnung, in dieser Abbildung der FIG 3 ist die Längsausdehnung L_1 etwa 6-fach größer als die Querausdehnung L_2 . Durch die Längsausdehnung L_1 wird eine Längsachse A festgelegt. Diese ist parallel zur Strömungsrichtung 21 der Verbrennungsluft 10. Das führt dazu, dass die schmalere Seite des Langloches 16b quer zur Strömungsrichtung 21 der Verbrennungsluft 10 liegt und dadurch wird der Wider-

stand, den die Verbrennungsluft 10 beim Kontakt mit dem Brenngas SG erfährt, deutlich verringert. Da die Strömungsrichtung 21 einen Winkel ϕ gegenüber der Brennerachse 12 aufweist und die Längsachse A parallel zur Strömungsrichtung 21 ist, weist nun die Längsachse A auch den Winkel ϕ gegenüber der Brennerachse 12.

In FIG 4 ist ein Längsschnitt einer in FIG 3 gezeigten langlochförmigen Einlassöffnung 16b entlang der Längsachse A schematisch dargestellt. Die Einlassöffnung 16b, die eine Längsausdehnung L_1 aufweist, ist in der äußeren Kanalwand 15 eingebracht. Das niederkalorische Brenngas SG wird vom Gasverteillerring 17, in dieser Darstellung der Raum unter der Einlassöffnung 16b, durch die Einlassöffnung 16 in den Vor-

15 misch-Luftkanal 2 eingedüst. Dort trifft es auf den Luftmassenstrom 10 und vermischt sich mit diesen. Der Punkt im Raum wo der erste Kontakt zwischen dem Brenngas SG und der Verbrennungsluft 10 stattfindet nennt man auch Staupunkt. Bei der gezeigten Anordnung liegt er stromaufwärts etwa am Ende

20 der Längsausdehnung L_1 , knapp über der Einlassöffnung 16. Ab dem Staupunkt S fängt die graduelle Vermengung des Brenngases SG mit der Verbrennungsluft 10 an und erstreckt sich stromabwärts über der Einlassöffnung 16b und eventuell weiter.

25 Figuren 5, 6 und 7 zeigen in einer schematischen Draufsicht drei verschiedenen Ausgestaltungen der Einlassöffnungen 16. Der Querschnitt 18 in FIG 5 stellt ein Langloch 16b, in FIG 6 ein Rechteck 16c mit abgerundeten Ecken 22 und in FIG 7 einen Tropfen 16d dar. Alle drei Ausführungsformen weisen eine

30 Längsausdehnung L_1 und eine Querausdehnung L_2 auf, wobei allgemein gültig bleibt, dass die Längsausdehnung L_1 größer ist als die Querausdehnung L_2 . Damit die Ausbildung von Totzonen vermieden wird, ist bei dem Tropfen eine Rundung an der Stelle des spitzen Winkels eingebracht. Somit weist der Tropfen

35 nun zwei Rundungen mit zwei Rundungsradien R_1 und R_2 auf, wobei $R_1 > R_2$.

Die Eindüseeinrichtung 13 für das niederkalorische Brenngas SG kann also im Bezug auf die konstruktive Ausgestaltung, die Anzahl und die Anordnung der Einlassöffnungen 16 der jeweiligen Einsatzsituation und Anforderung angepasst werden. Daraus
5 ergeben sich jeweils günstige geometrische Ausgestaltungen für die Einlassöffnungen 16.

Patentansprüche

1. Vormischbrenner (1) zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases (SG), mit einem sich entlang einer Brennerachse
5 (12) erstreckenden Vormisch-Luftkanal (2) über den Verbrennungsluft (10) zuführbar ist, und mit einer in dem Vormisch-Luftkanal (2) angeordneten Dralleinrichtung (5), wobei in Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) stromab der Dralleinrichtung (5) eine Eindüseeinrichtung (13) für das
10 niederkalorische Brenngas (SG) angeordnet ist.
2. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 1,
bei dem die Eindüseeinrichtung (13) eine Vielzahl von Einlassöffnungen (16) für Brenngas (SG) aufweist, die in den
15 Vormisch-Luftkanal (2) einmünden.
3. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 2,
bei dem die Einlassöffnungen (16) für das Brenngas (SG) so ausgeformt sind, dass die Ausbildung von Nachlaufgebieten
20 (19) im Vormisch-Luftkanal (2) verhindert ist.
4. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 3,
bei dem die Einlassöffnungen (16) für das Brenngas (SG) einen Querschnitt (18) aufweisen, wobei der Querschnitt (18) eine
25 Längsausdehnung (L_1) und eine Querausdehnung (L_2) aufweist, und wobei die Längsausdehnung (L_1) größer ist als die Querausdehnung (L_2).
5. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 4,
30 bei dem die Längsausdehnung (L_1) das 3-fache bis 10-fache der Querausdehnung (L_2) beträgt.
6. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 4 oder Anspruch 5,
bei dem der Querschnitt (18) der Einlassöffnungen (16) die
35 Form eines Langloches (16b), oder eines Rechtecks mit abgerundeten Ecken oder eines Tropfens ausweist.

7. Vormischbrenner (1) nach einem der Ansprüche 4, 5 oder 6, bei dem durch die Längsausdehnung (L_1) festgelegte Längsachse (A) im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) ist.
- 5
8. Vormischbrenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) einen Winkel (ϕ) gegenüber der Brennerachse (12) aufweist, wobei $0^\circ < \phi < 90^\circ$.
- 10
9. Vormischbrenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Eindüseeinrichtung (13) mindestens einen Gasverteilungsring (17) aufweist, der den Vormisch-Luftkanal (2) radial auswärts oder radial einwärts umgibt.
- 15
10. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 9, bei dem der Vormisch-Luftkanal (2) als Ringkanal (14) ausgebildet ist, der eine äußere oder innere Kanalwand (15) aufweist, die mit einer Vielzahl von Einlassöffnungen (16) durchsetzt ist, die mit dem Gasverteilungsring (17) in Strömungsverbindung stehen.
- 20
11. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 10, mit einer sich in Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) konusartig verjüngenden äußeren Kanalwand (15).
- 25
12. Brennkammer mit einem Vormischbrenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 30
13. Gasturbine mit einer Brennkammer nach Anspruch 9.
14. Verfahren zur Verbrennung eines niederkalorischen Brenngases (SG), bei dem Verbrennungsluft (10) ein Drall aufprägt, niederkalorisches Brenngas (SG) in die verdrehte
- 35

Verbrennungsluft (10) eingedüst und mit dieser vermischt, und das Gemisch verbrannt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14,
5 bei dem teilverdünntes Brenngas (SG) in die verdrallte Verbrennungsluft (10) eingedüst wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder Anspruch 15,
bei dem das niederkalorische Brenngas (SG) so eingedüst wird,
10 dass die Ausbildung von Nachlaufgebieten (19) im Vormisch-Luftkanal (2) verhindert ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16,
bei dem das niederkalorische Brenngas (SG) durch Einlassöff-
15 nungen (16) eingedüst wird und diese Einlassöffnungen (16) einen Querschnitt (18) aufweisen, wobei der Querschnitt (18) eine Längsausdehnung (L_1) und Querausdehnung (L_2) aufweist, und wobei die Längsausdehnung (L_1) größer ist als die Querausdehnung (L_2).

20
18. Verfahren nach Anspruch 17,
bei dem durch die Längsausdehnung (L_1) festgelegte Längsachse (A) im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) ist, so dass das niederkalorische
25 Brenngas (SG) parallel zur Strömungsrichtung (21) der Verbrennungsluft (10) eingedüst wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
bei dem als niederkalorisches Brenngas (SG) ein vergaster
30 fossiler Brennstoff, insbesondere vergaste Kohle, eingesetzt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, das beim Betrieb eines Gasturbinenbrenners durchgeführt wird.

FIG 1

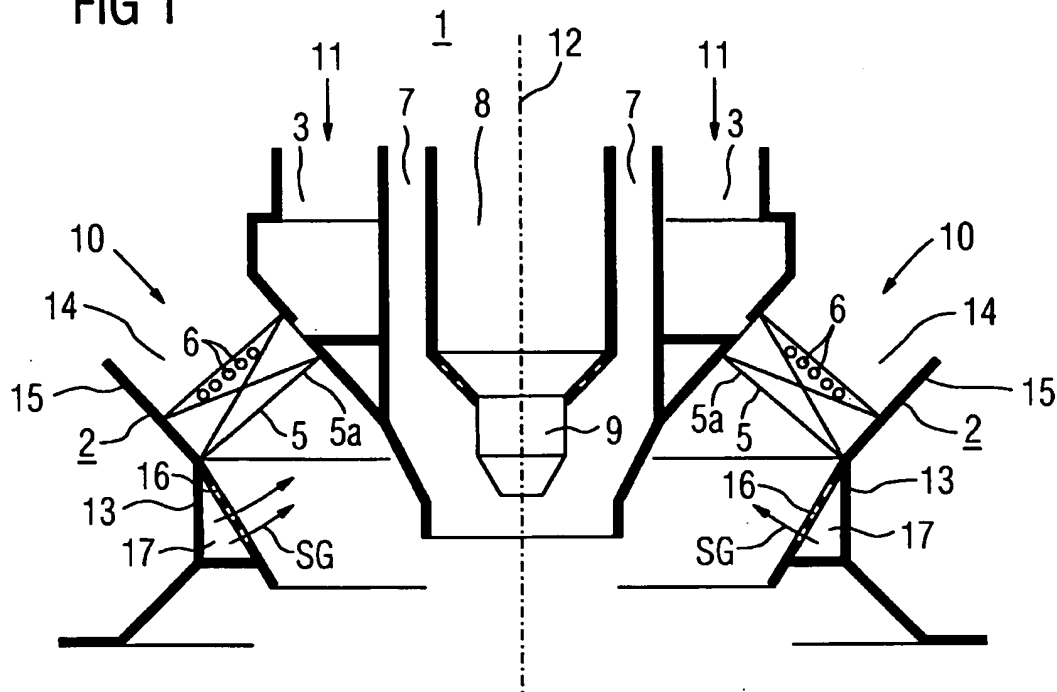
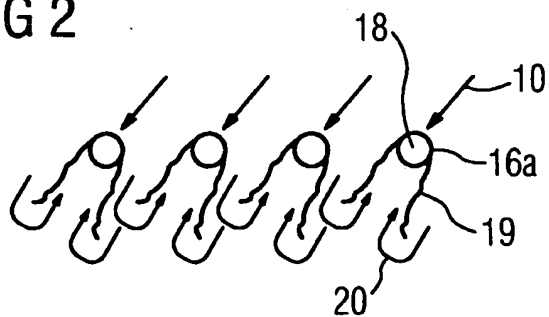


FIG 2



2/3

FIG 3

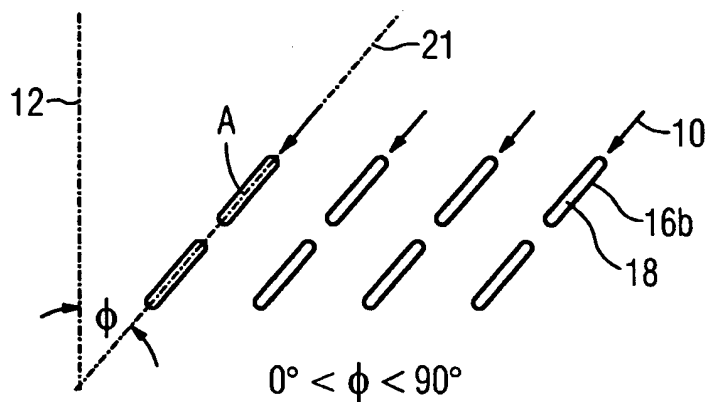


FIG 4

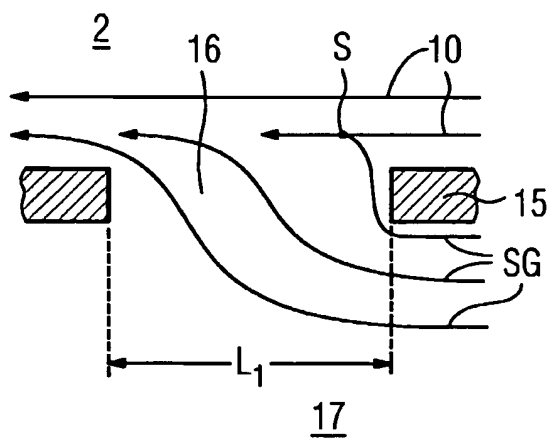
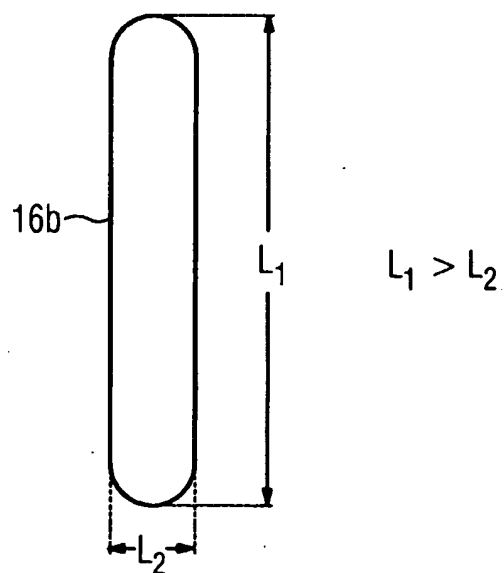


FIG 5



3/3

FIG 6

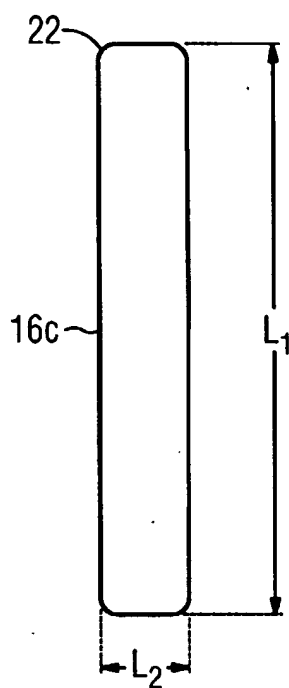


FIG 7

